

(資料 35) 平成 12 年度終了特別研究の評価状況

1. 廃棄物埋立処分における有害物質の挙動解明に関する研究

研究の概要

廃棄物中の化学物質が埋立処分でのどのような挙動をするか、という点を中心に研究を行った。埋め立てられる固形廃棄物中に含まれる揮発性有機成分の迅速分析法の開発を行い、その有用性を検証した。また、埋立廃棄物（廃プラスチック類、焼却灰など）中に含まれるホウ素、有機リン酸エステル類、ビスフェノール A などの化学成分の溶出挙動を明らかにした。さらに埋立処分場浸出水中に存在する化学物質の生物影響を評価するために、遺伝毒性とエストロゲン活性の検出システムを開発し、実際の埋立処分場浸出水に応用した。

研究期間

平成 10～12 年度（3 年間）

研究予算額

総額約 75 百万円

課題代表者

安原昭夫（循環型社会形成推進・廃棄物研究センター）

研究成果

埋立廃棄物中の有害化学物質の簡易分析法の開発に関しては、密封容器に廃棄物試料を充填・加熱し、揮発してきた有機成分を吸着濃縮し、ガスクロマトグラフィー質量分析法で分析する手法を開発した。

埋立廃棄物に含まれる有害化学物質の溶出挙動に関しては、無機成分と有機成分に分けて研究を行った。無機成分ではホウ素に焦点を絞り、各種廃棄物中のホウ素を化学形態別に測定した結果、浸出水中に溶出してくるホウ素の挙動を解明することに成功した。焼却灰の浸出水はアルカリ性を示すが、このアルカリ分は有機物の加水分解に使用されるために、有機成分が多い場合は浸出水の pH は中性に近くなる。有機成分としては、リン酸エステルなどのプラスチック添加物、ビスフェノール A などに着目し、廃プラスチック類と焼却灰を素材にしたモデル埋立実験で、起源、生成機構、溶出挙動などを明らかにした。リン酸エステル類については長期にわたって溶出する傾向が、ビスフェノール A については一時期急激に溶出量が増加した後、溶出量はひじょうに少なくなって、長期に持続する傾向がみられた。1,4-ジオキサンについてはその起源を特定するには至らなかったが、廃プラスチックの処理工程が関係している可能性が示された。

浸出水が生物に及ぼす影響の評価法のひとつとして、浸出水及び処理水の遺伝毒性とエストロゲン活性を、微生物によるアッセイで調べる手法の開発を行った。この手法で多くの廃

棄物埋立地浸出水および処理水を調べた結果、いくつかの浸出水で遺伝毒性とエストロゲン活性が検出されたが、処理水では大きく低減することがわかった。毒性の強さや評価尺度については、さらなる研究が必要である。

評価結果

A : 2 B : 7 C : 4 D E

(A:大変すぐれている B:すぐれている C:普通 D:やや劣っている E:劣っている)

評価者意見の概要

埋立処分場における有害物質の挙動を詳細に研究したことは高く評価された。一方、複雑多岐な廃棄物と多種多様な化学物質の関係を体系的に整理・解析する手法開発ならびに住民等が利用できる簡易計測法開発の必要性・重要性が指摘された。

対処方針

政策対応型調査・研究「循環型社会形成推進・廃棄物管理に関する調査・研究」の中で、簡易分析法によるスクリーニング法と機器分析による精密分析手法を組み合わせた体系的分析システムの開発に取り組みたい。対象化学物質は揮発性物質だけではなく、不揮発性物質も含み、新しい機器分析法の開発も考える。このシステムでは埋立地浸出水だけではなく、埋立廃棄物そのものや不法投棄された缶入り液状廃棄物も分析対象とする。また、毒性試験などによるリスク評価も行えるようなシステムに発展させていく。

2 環境中の化学物質総リスク評価のための毒性試験系の開発に関する研究

研究の概要

化学物質の総合的なリスクを生物学的な検定手法により評価する手法の開発を試みた。19種のバイオアッセイ系で、50種のモデル化学物質及びその組み合わせについて急性毒性試験を行った。その毒性値の比較等を行い、またこれらのバイオアッセイ系の主要なものについて環境水や工場排水への適用を行った結果、基礎細胞毒性をはじめとするいくつかのバイオアッセイ系の組み合わせが、環境中に存在する有害性を総合的に評価する試験法として有用であり、実用に供することが可能であることが示された。

研究期間

平成10～12年度（3年間）

研究予算額

総額約70百万円

課題代表者

森田昌敏（統括研究官）

研究成果

インビトロ細胞の国際的な評価プログラム（MEIC）にも参加しつつ、ヒト由来細胞、ゲッ歯類由来細胞、その他の小動物及びバクテリア等19種のバイオアッセイ系を評価した。ここで得られる基礎細胞毒性は有害性の総合評価指標として有力な候補と判断された。

ヒト由来培養細胞を用いた毒性試験では、各種細胞種間で密接な相関関係を示すことが明らかとなった。また血液脳関門を通過する物質について補正を行うことにより、ヒトでの急性毒性発現血中濃度も予測可能と考えられるようになった。

複合影響を推定するため、化学物質混合物について試験を行った結果、いくつかの混合物試料について相乗的な効果や相殺的な効果が認められたが、基本的には相加的と考えて評価することで差し支えないという結果となった。

環境水試料については減圧濃縮法などによる濃縮により、また工場排水試料については塩濃度（浸透圧）に留意して希釈等を行って適用にすることが必要であり、また有用なデータが得られることが明らかとなった。

評価結果

A : 4 B : 7 C : 1 D E

評価者意見の概要

バイオアッセイによる環境モニタリングに道を拓いた点について評価された。一方、フィールド適用にはまだ多くの課題が残されており、今後の研究継続が必要である、特に複合影響の評価、他の水質パラメータの影響評価、慢性毒性発ガン性評価との関連性や試験系の精度管理等に力を注ぐ必要があるとの指摘を受けた。

対処方針

社会的ニーズが大きいことも踏まえつつ、有害化学物質対策研究の中で、指摘されている助言内容についてこの種の研究を地道に継続し、バイオアッセイによる環境モニタリングの実用化に努力していきたい。重点特別研究プロジェクト「内分泌かく乱化学物質及びダイオキシン類のリスク評価と管理」等の化学物質研究において研究を継続し、また特に環境省の水管理政策に反映できるような形での実用化にむけて研究を展開したいと考えている。また各種バイオアッセイから得られる種々の生態影響情報の統合化についても実施していく予定。

3 . 大気エアロゾルの計測手法とその環境影響評価手法に関する研究

研究の概要

1990年代半ばの中国は大気エアロゾル汚染が激しく、国連のレポート（World Resources,1998-99）では、北京の大気エアロゾル濃度は $377\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、東京は $49\mu\text{g}/\text{m}^3$ （ちなみに、日本の大気環境基準値は $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）と報告されている。そこで、北京および銀川の大気エアロゾルに焦点をあて、中日友好環境保護中心との共同研究として約5年間にわたる長期モニタリング（毎月2回の定期試料採取）を行った。Al、Fe、Cu、Zn、Pb等の重金属分析、無機系炭素と有機系炭素、炭酸塩炭素の形態別分析、PAH類の分析によって得られた結果をもとに、中国の都市大気エアロゾルの特徴を明らかにした。内陸の都市のみならず北京でも、土壌起源系エアロゾル（主に黄砂エアロゾル）の寄与が無視できないという特徴があった。

研究期間

平成8～12年度（5年間）

研究予算額

総額約100百万円

課題代表者

西川雅高（化学環境研究領域計測技術研究室主任研究員）

研究成果

中国の首都である北京の大気エアロゾル汚染の実態を解明するために、1996年から2000年まで長期連続して、大気エアロゾル試料や乾性降下物試料、発生源である土壌試料、石炭試料、自動車粉塵等を収集した。大気エアロゾル試料およびダスト試料の捕集方法は、ハイボリュームサンプラー法、8段型アンダーセンサンプラー、乾性降下物サンプラーを用いた。また、本研究の一環として、土壌起源系エアロゾル標準物質（CJ-1、CJ-2）を作製した。この標準物質は、中国と日本で行った分析結果の精度管理に利用したほか、中国都市大気中で生じている土壌起源系エアロゾルの反応機構の解明を目的とした室内実験材料にも利用した。

中国北京の都市大気エアロゾル濃度は1999年以降低下傾向を見せたが、二級環境基準（中国の大気環境に適用する中レベルの基準、一日平均値 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 以下）を下回るまでには至らなかった。ガス状物質については、 SO_2 （中国二級大気環境基準、一日平均値 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ （52ppb相当））が5年間で約50ppbから30ppbへと低下傾向を見せたが、 NO_2 （中国二級大気環境基準、一日平均値 $0.08\text{mg}/\text{m}^3$ （36ppb相当））は40ppbから70ppbへと増加傾向を示し、先進国の都市型大気汚染にだんだんと似てきていることが判った。

大気エアロゾルの粒径別化学組成を見ると、夏季には $\text{PM}_{2.5}$ 以下の微小粒子側に多く存在する硫酸イオンや硝酸イオンが、冬季や春季には $\text{PM}_{2.5}$ 以上の粗大粒子側での存在割合が高まることが判った。そのような季節には、黄砂等土壌起源系エアロゾルの寄与も高いことも明らかとなり、 SO_2 や NO_2 のようなガス成分が土壌起源系エアロゾルと反応する可能性を示唆した。

そこで、清浄な砂漠地帯や黄土地帯の土壌から微粉末の土壌粒子のみを分離精製して模擬黄砂標準物質を作り、土壌起源系エアロゾルと SO₂ や NO₂ ガスおよび NH₄SO₄ 微粒子との反応実験を行った。その結果、SO₂ や NO₂ は、土壌起源系エアロゾルと反応し、その表面に SO₄ や NO₃ として固定されることが判った。

次に、都市大気中に含まれる土壌起源系エアロゾルの寄与率の推定方法や判定方法を検討した。その結果、中国北京のような内陸部から離れた都市でさえも土壌起源系エアロゾルの寄与が全大気エアロゾル中で最も高く、特に春季に顕著となることが判った。その多くは、黄砂等土壌起源系エアロゾルによると推定された。

評価結果

A : 10 A' : 1 B : 2 C D E

評価者意見の概要

北京の都市大気エアロゾルの現象解明を目的として、長期モニタリングとラボ実験の両方から精細な研究を行ったことに高い評価が与えられた。特に、黄砂エアロゾルと SO₂ や NO₂ 等のガス状物質との反応機構を明らかにしたこと、世界初の黄砂標準物質を作ったこと、共同研究を通じ国際貢献を行った点を認められた。今後、中国の環境政策や東アジア地域の環境問題に反映するような研究の進展を期待するというコメントがあった。

対処方針

環境省地球環境研究総合推進費等の競争的資金の導入を計りながら、東アジアの環境問題の一つとしてクローズアップしてきた黄砂に特化した研究へと進展させていく計画としている。黄砂問題は、中国内陸部の砂漠化や土地の荒廃化問題と密接な関わりがあり、エアロゾル分野だけでなくいろいろな分野との連携が必要となってきている。本プロジェクトで築いた中国研究者グループとの良好な関係をベースに、今後も黄砂に関する環境研究と国際貢献に邁進して行きたいと考えている。

評価に対する研究所の対応

非常に高い評価を得たことから、課題代表者に N I E S 賞（表彰）を授与するとともに、平成 14 年度実行予算において研究奨励金（350 万円）を配分した。

4 .都市域におけるVOCの動態解明と大気質に及ぼす影響評価に関する研究

研究の概要

都市域におけるVOC（揮発性有機化合物）の動態解明と大気質に及ぼす影響を把握するために、固定発生源や移動発生源からのVOC排出量の推計、VOC成分の環境濃度の把握、モデルを用いた発生源と環境濃度との関連性評価を行った。研究方法としては、固定発生源・移動発生源から排出量のマクロ推計調査、トンネル調査による自動車からの排出実態把握、フィールド調査、数値モデルや室内実験研究による汚染メカニズム解明を並行して行った。

研究期間

平成10～12年度（3年間）

研究予算額

総額約73百万円

課題代表者

若松伸司（PM2.5・DEP研究プロジェクト）

研究成果

(1) VOCの発生量推計

総排出量に占める割合が大きいものの中から塗料・溶剤関連、自動車排出ガス、自動車燃料供給系からの成分別・地域別の排出量推計方法を精査した。マクロ推計に当たっては、自動車起源については排気管からの排出に加え、コールドスタート時の排出増加、アイドリング時の排出、燃料供給系からの蒸発による排出や未規制自動車の寄与を推計した。人為発生源では最大の塗料溶剤の蒸発による排出量の推計を試みた結果、VOCの発生量は82.5万トンと推計された。用途別内訳では建物、自動車、電気・金属などが上位を占めた。自動車排出ガスについては、車種別、燃料種別、道路種別の発生量を求めた結果、ベンゼンのように主にガソリン車から排出される物質と、ホルムアルデヒドのように、主にディーゼル車から排出される物質があり、後者の車種別寄与率は、NOxや粒子状物質の車種別排出寄与率と類似のパターンを示した。道路種別の内訳結果からは、車種別排出寄与を反映して、ホルムアルデヒドでは、PM（粒子状物質）やNOxと同様、大型車の比率の大きい幹線道路の割合が大きく、ベンゼンでは細街路からの寄与も相対的に大きくなっていった。VOC排出量の推計値は23.4万tとなった。走行時の排気管からの排出だけでなく、蒸発による排出では給油時ロス为例に月別推移を見ると、気温の高い夏季には冬季の2～3倍の排出量となることが分かった。トンネル調査ではトルエンの発生比率が最も高く、全体の約15%あった。大型車両率が高いと排出係数が高い成分は、n-オクタン、n-ノナン、1,3-ブタジエン、プロピレン、1-ブテン、1-ペンテン、スチレン、ホルムアルデヒドで、大型車両率が高いと排出係数が低い成分は2,2,4-トリメチルペンタン、2,3,4-トリメチルペンタン、2-メチル-2-ブテンであった。

(2) VOCの環境動態把握：

関東地域とメキシコ市において地域的な特徴を把握した。メキシコ市におけるVOC濃度は関東地域と比較して極めて高く、中でもプロパン、ブタンは10～30倍の値を示した。しかしベンゼン濃度に関しては関東地域とメキシコ市との間に大きな濃度差は無かった。大阪湾周辺地域の春季大気汚染の解析の結果、NO₂(二酸化窒素)汚染には大阪湾上の船舶から排出されたNO_xが大きな寄与を及ぼしていることが分かった。数値実験からは、酸化プロセスとしてはバックグラウンドオゾンの影響が圧倒的に大きいこと、また炭化水素発生源の発生量の削減はNO₂の環境濃度の低減にはあまり貢献しないことが分かった。大陸地域からのVOC排出量の光化学オゾン濃度に対する感度実験を行ったところ、VOC発生量を半分に設定した場合と現状との比較した場合には、オゾンの月平均値でくらべると、両者の計算の濃度差は、差の大きいところでVOC発生量を半分に設定した場合の方が5ppb程度濃度が低くなった。差の大きい地点で詳細に比べると、数ppbから20ppb程度日最高濃度が低くなることが分かった。またトレンド解析からは、全国的にオキシダントの年平均値が増加傾向にあることが分かった。

風洞実験からは、ストリートキャニオン内の大気汚染濃度分布は渦の強さや安定性により変わり、道路の風下側の建物が周辺の建物よりも高く、渦の勢いが強い時には濃度が低く、逆に道路風下側の建物が周辺よりも低くて渦ができない時には濃度が高くなることがわかった。高架道路の有り無しを比べた結果、今回のケーススタディにおいては、地上濃度分布には大きな差は見られなかった。

評価結果

A : 7 B : 6 C D E

評価者意見の概要

実態のよくわからなかったVOCについて、発生源、環境濃度分布などが解明された意義は大きい、地域分布などについて体系的にデータを収集・解析している、等の高い評価を受けた。一方、今後は、VOCのライフタイムや、PM_{2.5}との関連性等の大気中での変化プロセスに関わる取り組み、PRTR制度で得られる情報の検証、発生源の変化に伴う環境濃度変化に関するシミュレーション研究を実施すべきとの指摘を受けた。

対処方針

本研究に対する高い評価を今後の研究の糧としたい。VOCの発生源に関する知見はかなり深まったが、環境動態に関する解析は未だ不十分である。今後の研究(平成13～17年度実施の、重点特別研究プロジェクト「大気中微小粒子状物質(PM_{2.5})・ディーゼル排気粒子(DEP)等の大気中粒子状物質の動態解明と影響評価」略称：PM_{2.5}・DEP研究プロジェクト)の中で、VOCとPM_{2.5}の関連性解析等の大気中での変化プロセスに関わる取り組みや、PRTRで得られるデータとの比較検討、情報の検証、各種スケールのシミュレーションモデル開発研究を実施し、大気汚染発生源と環境濃度との関連性把握や影響評価を行っていく。今後の具体的な課題として、発生源の把握精度の向上が上げられ、これと共に測定技術開発や、これを用いた環境モニタリング、発生源と環境濃度の関連性を把握するための、モデルの開発や曝露影響

評価研究を推進していく必要があると考えている。

評価に対する研究所の対応

非常に高い評価を得たことから、課題代表者にN I E S賞（表彰）を授与するとともに、平成14年度実行予算において研究奨励金（500万円）を配分した。

5 . 流域環境管理に関する国際共同研究

研究の概要

気候変動や人口増加、経済発展等により 21 世紀アジアの成長制限要因の中で最も重要なものとして水資源枯渇が挙げられている。特に新たな水資源とエネルギーの大規模開発が進行している長江流域において環境調和型の成長を達成するための調査・研究を、(1) 長江流域環境モニタリング手法と情報システム化手法の開発に関する研究、(2) 長江の河川水質と水界生態系に関する調査研究、(3) 流域環境管理モデルの開発、の 3 つを基本課題として推進した。

研究期間

平成 8 ~ 12 年度 (5 年間)

研究予算額

総額約 266 百万円

課題代表者

渡辺正孝 (水圏環境研究領域)

研究成果

(1) 衛星画像を用いた洞庭湖・?陽湖周辺の洪水氾濫による被災面積の推定

1998 年 7 ~ 8 月の長江流域での大洪水 (中国では 20 世紀第 2 番目の規模) による広い領域の洪水被害面積を高頻度で把握するため、NOAA/AVHRR の衛星画像データを利用した手法を開発した。地表面植生の繁茂状況を代表する正規化植生指標 (NDVI) を用いて洪水の氾濫域を特定し、地理情報ソフトを用いて、標高、土地利用の各データ上に氾濫域を重ね合わせることで、被災面積を推定した。その結果、洪水ピーク時 (8 月 22 日) における洞庭湖・?陽湖周辺の氾濫による被災面積として、農耕地の被害面積は 2076km² (水田 1120 km²、畑 956km²)、全洪水被害面積 3589 km² であり、中国が公表している被害面積である 1970 km²、3210 km² に近く、実用レベルにあるもの判断された。

(2) 大流域降雨流出モデルでの利用を目的とした日降水量の比較検討

流域面積 180 万 km² という長江流域全体を対象とする水文モデルの精度は、入力すべき日降雨量の推定値の精度に大きく依存するため、入力する全球規模での降水量の推定値データセットであるヨーロッパ中期予報センター (ECMWF)、熱帯降雨観測ミッション (TRMM)、全球降水量気候計画 (GPCP) について、1998 年夏期の長江流域を対象に、その時間的・空間的精度についての比較検討を行った。その結果、局地的な豪雨現象が十分に再現できないデータセット、現実の晴天日に相当量の降水量を推定したり、逆に実際の日降水量が多い日には過小に推定する傾向があるデータセット、といった地球規模の日降雨量データセットが抱える幾つかの重要な問題点を初めて指摘した。

(3) 長江の河川水質に関する調査研究

1998、99年の10～11月、長江の重慶 - 上海間、洞庭湖、はん陽湖で、水質・生態系の調査を行った結果、次の特徴が認められた。長江の水質の特徴は懸濁物質の濃度に大きく影響され、上流の高濃度が洞庭湖、はん陽湖等の湖沼群での沈降・堆積を経て、急激に濃度が低下する。懸濁物質濃度とリンの輸送量との相関は高く、今後の三峡ダム湖の出現、東シナ海への流入量を推定する上で、懸濁物質の濃度の変化を十分に注視することが重要である。湖沼群と長江本川との水の交換により、養殖等の湖沼利用に伴う栄養塩投入が河川水質に大きな影響を与えている。生物生産が低いため、日本の河川に比べて窒素濃度が高い割には有機物による汚濁が低い。

(4) 炭素安定同位体を用いた生態系炭素循環の解析

水界生態系における食物連鎖には、通常の光合成経路と微生物食物連鎖の2つの経路が存在する。長江の河川水の一部に¹³C安定同位体で標識した無機炭素あるいは有機炭素を溶かして培養し、河川水中の植物プランクトンや細菌による¹³C安定同位体の取り込み量と光合成生産と細菌生産から動物プランクトンへの捕食を通じた炭素の移送割合を現地計測した。その結果、長江生態系の有機物の流れは、上流では光合成に必要な栄養は十分に供給されているにも関わらず、光が強く制限されるために細菌経路が卓越し、一方、中流の湖沼群で土砂が沈降し光制限から解放される下流では、光合成経路が卓越していることが判明した。

(5) 長江流域内での降雨による土砂輸送のシミュレーション

植生被覆、土壌構造、土地利用等の地理的な不均一性が組み込んだ降雨による水文流出・土砂輸送モデルを開発し、1987年と1988年を対象に長江流域全体に適用した。計算された流量は大通（源流から5750km）での観測値とよく一致していた。一方、土砂濃度の計算結果は宜昌（源流から4700km下流）での観測値と比較より、洪水期の大規模な土砂流出現象の再現性に問題があり、この原因は(2)で指摘した入力日降水量の推定データの精度の低さが原因と考えられた。宜昌より上流に位置する嘉陵江流域を対象に、入力する日降水量として地上観測値を用いたシミュレーション結果は、開発したモデルが長江流域の降雨流出・土砂輸送を十分に再現できることを示していた。

評価結果

A : 10 B : 3 C D E

評価者意見の概要

大変優れた研究であり今後の展開に期待したいといった高い評価を受けた。一方、三峡ダム完成後の環境アセスメントがモデルの中にどのように反映されているのか、小スケールの水界生物や流域の地域特性が長江全体へとどのようにスケールアップするのか、といった点が明らかになると良い、また、中国の研究者や行政が利用する際にはまだ不十分で更なる研究蓄積が必要であるとの指摘を受けた。

対処方針

三峡ダムはまだ完成しておらず、この研究はダム完成前の状況把握の段階である。スケールアップの問題は大変重要な課題であり、現在観測点を設置し小～大スケールの連続観測を行っており、この成果が反映できればと考えている。本研究成果は、中国の研究機関にとっても初めての知見であるとの評価を受けている。重点特別研究プロジェクト「東アジアの流域圏における生態系機能のモデル化と持続可能な環境管理」において、今後研究を継続し、中国の研究者や行政が活用できるよう十分なる蓄積を行いたい。

評価に対する研究所の対応

非常に高い評価を得たことから、課題代表者にNIE S賞（表彰）を授与するとともに、平成14年度実行予算において研究奨励金（500万円）を配分した。